

## Efecto de la cocción y del grado de maduración de frutas de mamón (*Carica papaya* L.) sobre la calidad del mamón en almíbar

### Effect of cooking and fruit ripening of papaya (*Carica papaya* L.) on quality of papaya in syrup

Nancy N. Lovera, Laura Ramallo, Viviana O. Salvadori

#### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto del grado de maduración de la fruta y la cocción sobre la retención de calcio y la firmeza del mamón en almíbar. Para los ensayos se emplearon frutas en dos grados de maduración distintos. La elaboración de frutas en almíbar se realizó con un tratamiento previo. El pre-tratamiento consistió en impregnar la fruta en soluciones isotónicas de lactato de calcio y la cocción se realizó en solución de sacarosa. Además se realizaron ensayos de elaboración del producto por cocción de frutas verdes frescas, sin pre-tratamiento, en almíbar con adición de 1,5% de lactato de calcio y en almíbar sin adición de calcio. Se midió el contenido de calcio y la firmeza en la fruta fresca, pre-tratada y pos-cocción. Los resultados experimentales indicaron que durante el pre-tratamiento las frutas verde y madura ganan 84,1 y 103,2 mg Ca/100g fruta fresca, respectivamente. Durante la cocción se retiene un 52,8% y 65,6% del calcio ganado, en fruta verde y madura respectivamente. El proceso de cocción de fruta verde en almíbar con lactato de calcio generó un producto con una ganancia de calcio de 78,6 mg Ca/100 g de fruta fresca y la cocción en almíbar (sin calcio) mantuvo los valores del contenido de calcio de la fruta fresca. El pre-tratamiento con calcio incrementa la firmeza de la fruta; la posterior cocción en almíbar favorece la firmeza en el caso de la fruta madura pero disminuye marcadamente la firmeza de la fruta verde.

Palabras clave: Calcio; Textura; Pre-tratamiento; Impregnación; Mamón en almíbar.

#### Abstract

In this study the effect of fruit ripeness on the calcium retention and the firmness of papaya in syrup were investigated. The fruits in syrup were developed from pretreated papaya samples. The pretreatment consisted in an impregnation stage using isotonic solutions of calcium lactate, and the subsequent cooking of the samples in sucrose syrup. In addition, green fruit without pretreatment was processed as a control. It was cooked in syrup with addition of 1.5% of calcium lactate and without calcium. Calcium content, color and firmness were measured in fresh fruit, pre-treated and processed samples. Experimental results showed that during the pretreatment, green and ripe fruits increased their calcium content in 84.1 and 103.2 mg Ca/100g fresh fruit, respectively. During cooking, green and ripe fruits retained 52.8% and 65.6%, respectively, of the calcium content previously gained. Processed green fruits with calcium in syrup gained 78.6 mg Ca/100g fresh fruit, while those processed without mineral addition maintained the initial values of calcium content. The pretreatment with calcium increased the firmness of the fresh fruit, for both green and mature samples. After cooking, the ripe fruit firmness increased, as opposed to that of the green fruit, which decreased notoriously.

Keywords: Calcium; Texture; Pretreatment; Impregnation; Papaya in syrup.

#### Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) se produce comercialmente en muchas zonas tropicales y subtropicales del mundo para consumo fresco e industrial. En nuestro país se cultiva principalmente en las provincias de Misiones, Corrientes, Formosa y Jujuy, donde se presentan las condiciones climáticas necesarias para su desarrollo. Su fruto se conoce con los nombres de mamón o papaya y es reconocido por sus valores nutricionales y medicinales. De

hecho, representa un importante recurso de vitamina A [1], cuyo consumo se recomienda para la prevención de la deficiencia de dicho nutriente [2]. Asimismo es un excelente recurso de vitaminas B1, B2 y C y un buen recurso de Ca. El valor nutricional de la fruta depende de la variedad, de las condiciones durante el cultivo y del estado de madurez [3]. En nuestro país, se comercializa principalmente como fruta fresca y en almíbar; el procesamiento industrial de mamón en almíbar se realiza con la fruta verde y consta, generalmente, de tres etapas: preparación de la fruta (pe-

lado y trozado), pre-tratamiento con calcio y cocción. En algunos procedimientos industriales, la etapa de impregnación con calcio es omitida. La adición de calcio a la matriz vegetal resulta en un aumento de la firmeza del tejido. En particular, la papaya es una fuente rica de pectinesterasa (PE) [4,5], esta enzima puede actuar en las pectinas de la fruta para producir grupos carboxilo libres que forman complejos con iones  $\text{Ca}^{++}$  al formar enlaces cruzados entre las cadenas con los restos de ácido galacturónico, pudiendo verificarse un incremento de la firmeza [6]. En este sentido, este grupo de trabajo ha realizado estudios previos para evaluar el efecto de las variables operativas del pre-tratamiento con calcio sobre el incremento del mineral y de la firmeza en el tejido de la fruta, en el mismo se han determinado tanto la fuente de Ca como las condiciones más apropiadas [7,8]. Investigaciones realizadas con otros alimentos confirman el efecto protector del Ca en el fortalecimiento de la matriz vegetal. Entre otros, Rastogi y col. [9] estudiaron el efecto de la impregnación con cloruro de calcio y su combinación con otros pre-tratamientos sobre la textura de zanahorias después del procesamiento térmico, encontrando mejoras en las propiedades mecánicas de las mismas. El proceso de cocción aplica un tratamiento térmico severo que provoca la hidrólisis parcial de la pectina de la fruta, lo cual ocasiona una pérdida en la firmeza de los tejidos. La adición de ácido, sales de calcio, o una mezcla de ambos se emplean para evitar parcialmente estos cambios de textura de los vegetales [10]. Sato y col. [11] encontraron que la adición de calcio al almíbar de cocción de guayabas promueve una mejor textura y minimiza los efectos negativos de la temperatura sobre las propiedades mecánicas de la fruta procesada.

Con el objetivo de lograr un producto de alta calidad nutricional y organoléptica en el presente trabajo se propone el estudio del efecto de distintas variables (grado de maduración de la fruta, pre-tratamiento con Ca y cocción) sobre distintos indicadores de calidad del producto procesado (mamón en almíbar): retención de Ca, color y firmeza.

## Materiales y métodos

### Preparación de la muestra

Se trabajó con frutas de mamón (*Carica papaya* L.) adquiridas en el mercado minorista de la provincia de Misiones, seleccionadas de acuerdo a dos grados de maduración bien diferenciados, preestablecidos con la consigna de 100% de cáscara verde (grado de maduración 0) y entre 76–100% de superficie amarilla (grado de maduración 5) [12], respectivamente. Las frutas fueron lavadas con agua destilada y peladas con cuchillo de acero inoxidable. La pulpa se seccionó, con un sacabocados de acero inoxidable, en cilindros de  $10,5 \pm 0,5$  mm de altura y  $30 \pm 1$  mm de diámetro.

### Pre-tratamiento: Impregnación con solución de calcio

Como medio de impregnación se utilizó una solución isotónica de sacarosa con una concentración de 1,5% (p/p) de lactato de calcio, manteniendo pH (4,4), temperatura (45 °C) y agitación constantes durante todo el pre-tratamiento (4 horas). Estas condiciones fueron determinadas como las óptimas en un trabajo previo [8], en función del nivel de calcio final y firmeza en la fruta. En el mismo estudio se concluye que el lactato provee mayores niveles de calcio que el gluconato de calcio, a niveles similares de concentración de la solución de impregnación. La solución utilizada fue isotónica con respecto al contenido de sólidos solubles de la fruta fresca con el fin de evitar los mecanismos de transferencia de agua (deshidratación osmótica o lixiviado). El pH de la solución se mantuvo constante mediante el ajuste con buffer  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,02 M. Los cilindros de fruta recién cortados fueron inmediatamente sumergidos en la solución de impregnación. Luego de las 4 h de impregnación, las muestras se retiraron de la solución y se enjuagaron tres veces consecutivas con agua destilada, cada vez con un volumen equivalente a tres veces el ocupado por el vegetal. Se tomaron al azar muestras que se utilizaron para analizar sus distintas características físicas y químicas.

### Cocción: Preparación de la fruta en almíbar

La cocción se realizó en una solución de sacarosa de 60 °Brix, en recipiente de acero inoxidable, a 100 °C, durante 1 h. Se preparó mamón en almíbar partiendo de fruta verde y madura previamente impregnadas y de fruta verde sin impregnación previa. Asimismo, fruta verde sin impregnación previa fue cocida en un almíbar de 60 °Brix con 1,5% de lactato de calcio. En la **Tabla 1** se detallan las características del material de trabajo, de las experiencias realizadas y sus denominaciones. Las frutas cocidas se colocaron en frascos con el almíbar y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente para realizar las medidas analíticas e instrumentales.

**Tabla 1:** Detalle y denominación de las frutas y tratamientos.

Frutas y Tratamientos	Denominación
Fresca Madura	<b>M</b>
Madura Impregnada	<b>MI</b>
Madura Impregnada y Cocida en almíbar	<b>MIC</b>
Fresca Verde	<b>V</b>
Verde Impregnada	<b>VI</b>
Verde Impregnada y Cocida en almíbar	<b>VIC</b>
Verde Cocida en el almíbar con lactato de Ca	<b>VCL</b>
Verde Cocida en almíbar	<b>VC</b>

### Determinaciones analíticas y físicas de indicadores de calidad

Todas las determinaciones que se detallan a continuación se realizaron en muestra fresca, luego del pretratamiento de impregnación y luego de la cocción. Para completar el estudio y comparar las distintas variantes de procesamiento presentadas, todos los indicadores de calidad mencionados se cuantificaron en cuatro marcas comerciales de mamón en almíbar, presentes habitualmente en el mercado minorista de la provincia de Misiones.

### Contenido de humedad, contenido de sólidos solubles y actividad acuosa

El contenido de agua o humedad se determinó gravimétricamente, mediante secado de aproximadamente 7 g de fruta en estufa a 75 °C hasta pesada constante (48 h), de acuerdo con el método 925.09 [13].

La determinación de sólidos solubles se realizó empleando un refractómetro Hanna HI96801 (precisión  $\pm 0,01$ ).

La actividad acuosa fue determinada en un equipo Aqualab 3TE (Decagon Devices, Inc., Estados Unidos). El equipo se calibró utilizando solución saturada de  $K_2SO_4$ . La saturación ( $a_w=1$ ) fue corroborada usando agua bidestilada.

### Determinación del contenido de Ca

El contenido de calcio fue medido por espectrofotometría de absorción atómica. Se pesaron muestras de mamón ( $\approx 2$ g), tanto frescas como las correspondientes a cada tratamiento y se calcinaron a 550 °C. Todas las muestras fueron llevadas a cenizas blancas, lo que indica la destrucción completa de la materia orgánica. Las cenizas fueron luego disueltas en HCL 2N, filtradas y llevadas a un volumen de 25 ml. Las soluciones obtenidas fueron analizadas usando un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110, empleando una longitud de onda de 422,7 nm, un ancho de rendija de 0,7 nm y una relación de combustible / oxidante de 2,5 / 4,5. Las determinaciones se realizaron por duplicado. El contenido de Ca se informa como mg por 100 g de fruta fresca y en mg por 100 g de fruta procesada.

### Propiedades mecánicas

La firmeza de la fruta fresca y tratada se evaluó utilizando un texturómetro (TA.XT2i Texture Analyser, Stable Micro Systems), equipado de una célula de carga 5N. Se aplicó un test de punción utilizando una sonda de acero inoxidable, de sección circular de 2,5 mm de diámetro. Se realizaron 10 medidas para cada tratamiento. Mediante el software propio del texturómetro, se registraron los datos de fuerza  $F(t)$  (N) y distancia  $d(t)$  (mm). La firmeza fue definida como la fuerza máxima obtenida en el ensayo [1], es decir la

fuerza máxima necesaria para penetrar un 70% la muestra. La pendiente fue calculada en la sección inicial de la curva  $F-d$  [14]. Se reportan la firmeza ( $F_{\text{máx}}$ ) y la pendiente ( $F/d$ ) como una medida de la elasticidad del material.

### Color

El color superficial de las muestras se determinó con un colorímetro (Minolta CR-300, Japan), obteniéndose los parámetros de cromaticidad  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul) y luminosidad  $L^*$ . Los valores presentados corresponden a la media de ocho mediciones.

Con estos valores se calcularon los parámetros ángulo *Hue*, *Chroma* y  $\Delta E$  a través de las ecuaciones (1), (2), (3) y (4):

$$Hue = \tan^{-1}(b^*/a^*), \quad (\text{cuando } a^* > 0) \quad (1)$$

$$Hue = 180 + \tan^{-1}(b^*/a^*), \quad (\text{cuando } a^* < 0) \quad (2)$$

$$Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3)$$

$$DE = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$

El parámetro *Hue* describe el color tal cual lo percibe una persona (es decir, verde, rojo, amarillo, etc.), el *Chroma* representa la intensidad o la pureza del *Hue* y el  $\Delta E$  detalla el cambio del color total;  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$  fueron calculados como la diferencia entre cada valor de las muestras tratadas y el valor promedio de la fruta fresca correspondiente.

### Análisis Estadístico

El análisis de varianza y los test de rangos múltiples (LSD: método de las mínimas diferencias de Fisher) fueron calculadas usando el software STATGRAPHICS [15]. Las diferencias entre las medias fueron consideradas a un nivel de confianza del 95% ( $p < 0,05$ ).

### Resultados y discusión

#### Frutas frescas

En la **Tabla 2** se detallan las principales características de las frutas frescas verde (V) y madura (M) utilizadas en los ensayos. Como es de esperar, la concentración de sólidos solubles se incrementa con el grado de madurez. Los valores de concentración de Ca se encuentran en el rango reportado por Wall [16]. El contenido de calcio decrece al aumentar el grado de maduración de la fruta, Tripathi y col. [17] encontraron un comportamiento similar en la variedad de papaya Rainbow.

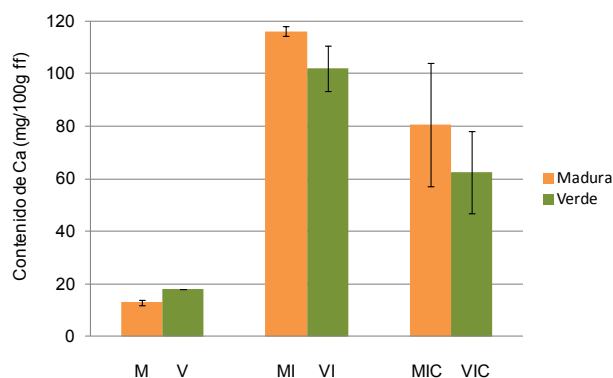
**Tabla 2:** Características de la fruta fresca verde y madura.

Fruta	$a_w$	Sólidos Solubles (°Brix)	Humedad (g/100 g de fruta)	Calcio (mg/100 g de fruta)
M	0,990 ± 0,004	9,9 ± 0,1	90,3 ± 0,4	12,9 ± 1,0
V	0,988 ± 0,001	6,1 ± 0,1	88,9 ± 0,4	18,1 ± 0,1

### Contenido de calcio

La **Figura 1** muestra los valores de contenido de calcio de frutas frescas; los valores alcanzados durante la impregnación y luego de la cocción en almíbar.

Durante el proceso de impregnación la fruta verde y madura ganan un 466% (102,2 mg Ca/100g fruta fresca) y un 800% (116,1 mg Ca/100g fruta fresca) de calcio respectivamente. Los resultados posteriores a la preparación de la fruta en almíbar indican que durante la cocción la matriz vegetal no retiene todo el calcio ganado en el pre-tratamiento. De esta manera, se registraron valores de retención del calcio absorbido durante la impregnación de 52,77% y 65,63% para la fruta en almíbar, verde y madura respectivamente.

**Figura 1:** Contenido de calcio en fruta verde y madura frescas, pre-tratadas y cocidas.

En la **Tabla 3** se presentan valores de sólidos solubles, humedad y contenido de calcio de las frutas cocidas en almíbar, para las distintas etapas y condiciones de elaboración ensayadas. En la misma tabla se detallan los valores correspondientes a las marcas comerciales utilizadas para comparar nuestros productos con productos de mercado.

Los valores de contenido de calcio de las marcas comerciales están en el orden de los valores resultantes en fruta verde cocida (**Tabla 3**). Así, no existe diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en el contenido de calcio del mamón en almíbar elaborado a partir de fruta verde sin impregnación de calcio (VC) y las cuatro marcas comerciales analizadas (M1, M2, M3 y M4). En particular el valor de la M3 es muy similar al medido en VC, estos resultados sugieren que la elaboración industrial de las marcas analizadas se realiza sin el agregado de calcio, además el mineral no figura como ingrediente en el rotulado de los envases. Por el contrario, en todos los productos obtenidos en nuestro

laboratorio en el que se utilizó calcio en su elaboración se logró un aumento significativo del contenido del mineral. El mayor contenido de Ca se logró con el agregado de Ca en el almíbar de cocción (VCL), seguido por el de la fruta madura impregnada y cocida (MIC). Esto indica que el proceso de elaboración MIC, fruta madura con una etapa de impregnación con calcio y cocción en almíbar, imparte valor nutricional adicional a la fruta en almíbar, conservando las apreciadas características de la fruta madura.

A los efectos de mostrar claramente la variación del contenido de calcio en la fruta por efecto de cada tratamiento se muestran en la **Tabla 3** los resultados en mg de calcio/100 g de fruta fresca. De esta manera, manteniendo como base la masa de fruta fresca se observa que, como era de esperar, no hay diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre el contenido de calcio de la fruta verde (**Tabla 2**) y la fruta verde cocida (VC). Asimismo, cabe resaltar el marcado incremento en el contenido de calcio de la fruta, verde y madura, por efecto del tratamiento de impregnación, como ha sido antes señalado.

**Tabla 3:** Características de mamón en almíbar.

Frutas en Almíbar	Sólidos Solubles (°Brix)	Humedad (g/100 g de fruta)	Calcio (mg/100 g De fruta)	Calcio (mg/100 g de fruta fresca)
MIC	60,7 ± 0,4a	30,1 ± 2,0 <sup>a</sup>	114,2 ± 33,4a	80,6 ± 23,6ab
VIC	60,5 ± 0,3a	32,7 ± 2,3bc	88,4 ± 22,1a	62,4 ± 15,6a
VCL	60,9 ± 0,1a	35,8 ± 2,0d	168,5 ± 16,4b	94,2 ± 9,2b
VC	60,5 ± 0,3a	29,4 ± 1,9a	45,2 ± 13,6c	19,6 ± 5,9c
M1	65,7 ± 0,1b	30,3 ± 0,4ab	30,1 ± 1,8c	-
M2	59,0 ± 0,1c	35,1 ± 0,5cd	24,9 ± 2,0c	-
M3	57,7 ± 0,1d	37,7 ± 0,6d	49,4 ± 3,0c	-
M4	59,1 ± 0,1c	35,6 ± 0,3d	36,6 ± 2,1c	-

\*M1 a M4: Marcas comerciales de mamón en almíbar

\*\*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) a un nivel de significancia del 95%

### Propiedades mecánicas

En cuanto a las propiedades mecánicas, se observó un aumento de la firmeza ( $F_{máx}$ ) del tejido por efecto del pre-tratamiento de impregnación con calcio, tanto en la fruta verde como en la madura, siendo mayor este incremento en la fruta madura. Se logró un 470% y un 140% más de firmeza respecto de la fruta fresca, en la fruta madura y verde, respectivamente (**Tabla 4**).

**Tabla 4:** Propiedades mecánicas de las frutas frescas, impregnadas y en almíbar.

Fruta	$F_{\max}$ (N)	F/d (N/mm)
Madura fresca e impregnada		
M	0,64 ± 0,07 <sup>a</sup>	1,12 ± 0,26 <sup>a</sup>
MI	2,99 ± 0,71 <sup>b</sup>	0,83 ± 0,30 <sup>a</sup>
Verde fresca e impregnada		
V	27,38 ± 1,80 <sup>a</sup>	4,63 ± 1,08 <sup>a</sup>
VI	38,67 ± 4,90 <sup>b</sup>	3,76 ± 1,06 <sup>a</sup>
En almíbar		
MIC	4,23 ± 0,362 <sup>a</sup>	0,29 ± 0,10 <sup>a</sup>
VIC	1,17 ± 0,178 <sup>b</sup>	0,25 ± 0,06 <sup>a</sup>
VCL	0,87 ± 0,132 <sup>b</sup>	0,09 ± 0,05 <sup>b</sup>
VC	0,44 ± 0,157 <sup>c</sup>	0,08 ± 0,03 <sup>b</sup>
M1	2,96 ± 0,557 <sup>d</sup>	0,45 ± 0,21 <sup>c</sup>
M2	1,82 ± 0,330 <sup>e</sup>	0,36 ± 0,08 <sup>ac</sup>
M3	3,63 ± 0,361 <sup>a</sup>	0,45 ± 0,14 <sup>c</sup>
M4	2,50 ± 0,260 <sup>f</sup>	0,38 ± 0,04 <sup>ac</sup>

\* M1 a M4: Marcas comerciales de mamón en almíbar.

\*\* Para cada grupo de frutas, letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa a  $p < 0.05$ .

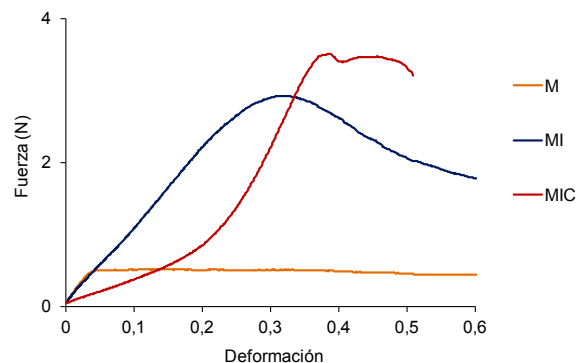
\*\*\* El test de rangos múltiples se aplica por separado a frutas en almíbar debido a que los valores medios son muy diferentes.

El pre-tratamiento de impregnación con calcio tiene efecto positivo sobre la firmeza de la fruta en ambas condiciones, verde y madura. En cambio, el proceso de cocción favorece la firmeza de la fruta impregnada madura, pero tiene un efecto negativo sobre la firmeza de la fruta verde (Tabla 4). Asimismo, la cocción provocó una drástica disminución de la pendiente de la curva fuerza-deformación (Tabla 4 y Figura 2) en ambas frutas. Este marcado incremento de la firmeza y disminución de la pendiente en la fruta madura al final del proceso combinado de impregnación-cocción (MIC) indicaría una mayor firmeza y elasticidad respecto de las características mecánicas de la fruta fresca (M). En la fruta verde, en cambio, la firmeza disminuye drásticamente por efectos de la cocción (VIC) y la elasticidad es similar a la fruta madura impregnada y cocida (MIC).

Comparando los productos elaborados con fruta verde, se observa que con la etapa de impregnación con calcio previa a la cocción (VIC) y con la adición de calcio durante la cocción en almíbar (VCL) se logran frutas con mayor firmeza que en el producto elaborado sin adición del mineral (VC) (Tabla 4). En la fruta cocida en almíbar con lactato de calcio (VCL) y en almíbar sin calcio y sin impregnación (VC) la pendiente resultó de un orden de magnitud menor respecto del mismo parámetro de la fruta verde impregnada y cocida (VIC), indicando un comportamiento mucho más elástico en los productos obtenidos sin la etapa de impregnación. Además, solamente en las frutas en almíbar previamente impregnadas tanto verde como madura (VIC y MIC) los parámetros de textura analizados se encuentran en el orden de los de las marcas comerciales.

Asimismo, se observó que si bien el parámetro  $F_{\max}$  es un excelente indicador de la firmeza del producto [18], la forma de la curva podría señalar la existencia de una

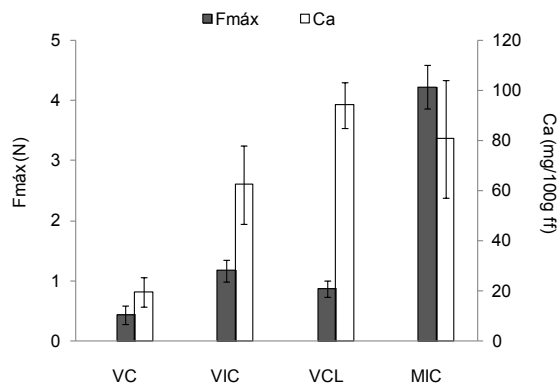
película rígida externa. Así, en la Figura 2 se aprecia que los valores de  $F_{\max}$  de MI y de MIC no son drásticamente diferentes, pero la muestra MIC exhibe un punto de fractura bien definido para ese valor de  $F_{\max}$ , ausente en la muestra MI que describe una curva más suave.

**Figura 2:** Comportamiento mecánico de fruta madura fresca, impregnada y cocida.

En la Figura 3 se observa que las frutas en almíbar pre-tratadas en solución de calcio (VIC y MIC) presentaron una firmeza significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) que las cocidas en el almíbar directamente (VCL y VC), estos resultados pueden atribuirse a la formación de puentes de calcio entre el mineral incorporado y las sustancias pécticas presentes en las paredes celulares, durante el pre-tratamiento. Este efecto reafirmante es marcadamente mayor en la fruta en almíbar preparada a partir de fruta madura (MIC). Jiang y col. [19], analizaron la actividad de las enzimas pécticas y las propiedades texturales en papayas en estados de madurez muy similares a los utilizados en el presente trabajo, encontrando una actividad de la PE mucho mayor y un menor grado de esterificación de las pectinas en la fruta madura.

La diferencia del contenido de calcio en la matriz vegetal de la fruta con diferentes tratamientos puede deberse a una combinación de efectos difusivos y/o químicos. En la Figura 3 se observa que existe una relación directa entre la firmeza y el contenido de calcio, solamente en el caso de MIC, lo que podría deberse a que la interacción del  $\text{Ca}^{++}$  con las pectinas es mayor en la fruta madura, mientras que la absorción de calcio por parte de la fruta verde (VIC) puede deberse a efectos exclusivamente difusivos o de otro tipo que no tienen efecto sobre la firmeza. Lo mismo ocurre en la fruta cocida en almíbar con lactato de calcio (VCL), en la cual se registró la mayor concentración de calcio, pero la firmeza fue similar a la de la fruta cocida en almíbar sin calcio (VC).





**Figura 3:** Firmeza y concentración de Ca de frutas cocidas en almíbar.

### Color

Los valores de los parámetros de color L y Hue correspondiente a las frutas frescas (**Tabla 5**) son similares a los reportados por Schweiggert y col. [1] en un estudio de carotenogénesis y propiedades fisicoquímicas durante la maduración de papaya. Los valores del ángulo Hue corresponden, en el círculo cromático, a naranja para fruta madura (M) y verde/amarillo para la fruta verde (V).

En cuanto a los tratamientos realizados se observó que la impregnación no tiene efecto significativo sobre el ángulo Hue, ni sobre los valores de Chroma, tanto en fruta verde como madura. Después de la cocción se produce una disminución del ángulo Hue en ambas frutas, acercándose más al amarillo, en el círculo cromático, en el caso de la fruta verde y más al rojo en el caso de la fruta madura.

**Tabla 5:** Parámetros de color en frutas frescas, impregnadas y en almíbar.

Frutas	Hue	Chroma	L	ΔE
Madura fresca e impregnada				
M	53,0 ± 2,2 <sup>a</sup>	35,0 ± 1,9 <sup>a</sup>	55,7 ± 1,9 <sup>a</sup>	-
MI	54,8 ± 2,2 <sup>a</sup>	35,3 ± 2,0 <sup>a</sup>	56,7 ± 3,1 <sup>a</sup>	3,9 ± 1,0 <sup>a</sup>
Verde fresca e impregnada				
V	107,2 ± 2,5 <sup>b</sup>	18,8 ± 2,8 <sup>b</sup>	82,8 ± 0,4 <sup>b</sup>	-
VI	106,8 ± 0,6 <sup>b</sup>	18,2 ± 2,6 <sup>b</sup>	76,2 ± 1,3 <sup>c</sup>	7,1 ± 0,9 <sup>b</sup>
En almíbar				
MIC	47,4 ± 3,9 <sup>c</sup>	13,6 ± 2,3 <sup>c</sup>	36,6 ± 2,8 <sup>d</sup>	28,8 ± 2,8 <sup>c</sup>
VIC	100,2 ± 3,0 <sup>d</sup>	14,3 ± 1,7 <sup>c</sup>	49,4 ± 0,8 <sup>e</sup>	33,8 ± 0,7 <sup>d</sup>
VCL	96,1 ± 1,1 <sup>d</sup>	17,0 ± 3,3 <sup>b</sup>	51,4 ± 2,6 <sup>e</sup>	31,8 ± 2,8 <sup>d</sup>
VC	95,6 ± 1,3 <sup>d</sup>	18,0 ± 3,2 <sup>b</sup>	49,8 ± 3,7 <sup>e</sup>	33,4 ± 3,7 <sup>d</sup>
M1	66,2 ± 5,2 <sup>e</sup>	4,3 ± 1,0 <sup>d</sup>	30,3 ± 4,2 <sup>f</sup>	-
M2	80,6 ± 2,0 <sup>f</sup>	3,3 ± 1,6 <sup>d</sup>	35,3 ± 4,8 <sup>g</sup>	-
M3	75,0 ± 3,4 <sup>f</sup>	8,3 ± 3,5 <sup>e</sup>	32,3 ± 2,0 <sup>g</sup>	-
M4	76,0 ± 3,3 <sup>f</sup>	7,1 ± 1,3 <sup>e</sup>	36,0 ± 2,9 <sup>g</sup>	-

\*M1 a M4: Marcas comerciales de mamón en almíbar

\*\*Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa a  $p < 0.05$  de acuerdo con un test de múltiples rangos LSD.

En el círculo cromático, el Chroma cambia del centro hacia la periferia. Los colores en el centro son grises o apagados y conforme avanza hacia la periferia se vuelven más saturados (vivos o limpios). En la fruta de papaya se registra un incremento en los valores del Chroma con la maduración y disminución de los valores por efecto de la cocción. Los valores de Chroma resultaron similares en las frutas en almíbar preparadas con impregnación previa (MIC y VIC), esto indica que la nitidez de los colores de los productos elaborados con fruta verde o madura es similar. En cuanto a la luminosidad (L) se observa que la fruta verde se oscurece con el pre-tratamiento y en mayor medida con la cocción. En la fruta madura la impregnación no tiene efecto sobre este parámetro, pero se reduce significativamente durante la cocción. Los valores de DE muestran que los tratamientos realizados en la fruta verde tienen un efecto más importante sobre el cambio del color total, comparados con los tratamientos correspondientes de la fruta madura. Además, no existe diferencia significativa en los valores de este parámetro (DE) entre los productos elaborados con diferentes procesos a partir de fruta verde.

En la **Tabla 5** se presentan los parámetros de color de las frutas frescas y cocidas elaboradas en el presente trabajo y de las cuatro marcas comerciales a modo comparativo. En la misma se observa que el Chroma es marcadamente mayor en los productos elaborados en este trabajo, es decir que presentaron una mayor nitidez del color respecto de los productos industriales. Además, los valores del ángulo Hue de las muestras elaborados a partir de fruta verde (VIC, VC y VCL) son próximos a los de las marcas comerciales, en cambio la muestra MIC es marcadamente diferente, lo cual señala el uso de fruta verde en la elaboración industrial de papaya en almíbar. Como se mencionó antes, la fruta madura presenta tonalidad naranja en el círculo cromático, lo cual podría asociarse a un mayor contenido de carotenoides. Schweiggert y col. [1] hallaron que el color de la pulpa de papaya se desarrolló desde el amarillo al naranja con el grado de maduración y que el contenido de carotenos totales se incrementó un 4.200% entre dos estados de maduración extremos. Asimismo, encontraron una correlación exponencial ( $0,92 < R^2 < 0,95$ ) entre el contenido de carotenos totales y los parámetros de color Hue,  $a^*$  y  $a^*/b^*$ . De acuerdo a la ecuación de [1], la fruta madura utilizada en el presente trabajo tiene aproximadamente  $11 \pm 2$  veces más carotenoides que la fruta verde, y que en la cocción se pierde aproximadamente el 65% de estos nutrientes. Estos cálculos fueron realizados utilizando los valores del parámetro  $a^*$ .

### Conclusiones

Utilizando fruta madura en la elaboración de mamón en almíbar (MIC) se logró mayor retención del calcio absorbido durante la etapa de impregnación respecto de la fruta verde en el mismo proceso de manufactura (VIC).

Aún cuando el contenido de calcio en el producto elaborado, fruta en almíbar, a partir de papaya verde y madura presenta poca diferencia, el uso de la fruta madura permitió la obtención de un producto final (MIC) con firmeza notablemente mayor que el producto (VIC) resultante de la fruta verde. En la fruta verde, se produce una gran pérdida de firmeza por efecto de la cocción. Si bien la fruta verde cocida con lactato de calcio en el almíbar (VCL) y la fruta madura impregnada y cocida (MIC) presentaron valores de contenido de calcio similares, la fruta MIC tiene la ventaja adicional de presentar mayor firmeza y mayor contenido natural de carotenoides. Estos resultados señalan que la maduración de la fruta es un atributo favorable para la calidad final del mamón en almíbar, aunque se requiere continuar con el estudio, especialmente en los aspectos de aceptabilidad sensorial del producto.

### Agradecimientos

Este trabajo se financió con fondos provenientes de Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT, PICT 2007-01090), y la Universidad Nacional de La Plata (UNLP, 11I140) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

### Referencias

1. Schweiggert, R.M.; Björn Steingass, C.; Mora, E.; Esquivel, P.; Carle, R., Carotenogenesis and physico-chemical characteristics during maturation of red fleshed papaya fruit (*Carica papaya* L.), *Food Research International*, 44: p 1373-1380. 2011.
2. Chandrika, G.; Jansz, E.; Wickramasinghe, N.; Warnasuriya, N., Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(12): p 1279-1282. 2003.
3. Gonçalves de Oliveira, J.; Pierre Vitória, A., Papaya: Nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview, *Food Research International*, 44: p 1306-1313. 2011.
4. Fayyaz, A.; Asbi, B.A.; Ghazali, H.M.; Che Man, Y.B.; Jinap, S., Kinetics of papaya pectinesterase, *Food Chemistry*, 53: p 129-135. 1995.
5. Manrique, G.D. y Lajolo, F.M., Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*), *Postharvest Biology and Technology*, 33: p 11-26. 2004.
6. Bartolome, L.G. y Hoff, J.E., Firming of potatoes: Biochemical effect of preheating, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 20: p 266-270. 1972.
7. Ramallo, L.A. y Liotta, T., Efecto de las condiciones de elaboración en la incorporación de calcio y la firmeza del mamón (*Carica papaya* L.) en almíbar, *Revista de Ciencia y Tecnología*, 16: p 58-63. 2011.
8. Lovera, N.N.; Buceta, N.N.; Salvadori V.O., Efecto del pretratamiento con sales de calcio sobre las propiedades nutricionales, de textura y color del mamón (*Carica papaya* L.), Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, CYTAL, Buenos Aires, Argentina. 2011.
9. Rastogi, N.K.; Nguyen, L.T.; Balasubramaniam, V.M., Effect of pretreatments on carrot texture after thermal and pressure-assisted thermal processing, *Journal of Food Engineering*, 88: p 541-547. 2008.
10. Aguilar, C. N.; Reyes, M.L.; Garza, H.; Contreras-Esquivel, J.C., Revisión: Aspectos bioquímicos de la relación entre el escalado TB-TL y la textura de vegetales procesados, *Revista de la Sociedad Química de México*, 43, 2: p 54-62. 1999.
11. Sato, A.C.K.; Sanjinéz-Argandoña, E.J.; Cunha, R.L., The effect of addition of calcium and processing temperature on the quality of guava in syrup, *International Journal of Food Science and Technology*, 41: p 417-424. 2006.
12. Pereira T.; Gomes de Almeida, P.S.; Goncalves de Azevedo, I.; Da Cunha, M., Goncalves de Oliveira, J.; Gomes da Silva, M.; Vargas, H., Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages, *Postharvest Biology and Technology*, 54: p 123-130. 2009.
13. AOAC. In K. Helrich, Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (5th Ed.), Washington, DC: AOAC. 1995.
14. Castelló, M.L.; Igual, M.; Fito, P.J.; Chiralt, A., Influence of osmotic dehydration on texture, respiration and microbial stability of apple slices (Var. Granny Smith), *Journal of Food Engineering*, 91: p 1-9. 2009.
15. Statgraphics. Centurion XV. Statpoint Technologies, Inc. Warrenton VA, U.S.A. 2009.
16. Wall, M., Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: p 434-445. 2006.
17. Tripathi, S.; Suzuki, J.; Carr, J.; McQuate, G.; Ferreira, S.; Manshardt, R.; Pitz, K.; Wall, M.; Gonsalves, D., Nutritional composition of Rainbow papaya, the first commercialized transgenic fruit crop, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: p 140-147. 2011.
18. Szczesniak, A.S., Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 13: p 215-225. 2002.
19. Jiang, C.; Wu, M.; Wu, C.; Chang, H., Pectinesterase and Polygalacturonase Activities and Textural Properties of Rubbery Papaya (*Carica papaya* Linn.), *JFS: Food Chemistry and Toxicology*, 68: p 1590-1594. 2003.

Recibido: 20/11/2012

Aprobado: 09/04/2013

- Nancy Noelia Lovera<sup>1,2</sup>

Ingeniera Química -Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales- Universidad Nacional de Misiones (2009). Dr. en Ingeniería (En curso)- Universidad Nacional de La Plata. Becaria Tipo I del CONICET, CIDCA, UNLP. lovera\_nancy@yahoo.com.ar

- Laura Ana Ramallo<sup>2</sup>

Ingeniera Química - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales- Universidad Nacional de Misiones (1989). Dra. en Ingeniería - Universidad Nacional de La Plata (2010) Expediente 312-99163/99 - Carrera acreditada y categorizada con nivel A por la CONEAU (Res. 801/99). Profesor Adjunto Exclusiva (FCEQyN – UNaM). Categoría del programa de incentivos: II.

- Viviana O. Salvadori<sup>1</sup>

Ingeniera Química (UNLP) – Dra. en Ingeniería (UNLP). Investigador Independiente, CONICET (CIDCA-CCT La Plata). Profesor Asociado Ordinario DS, Facultad de Ingeniería, UNLP - Categoría I Programa Nacional de Incentivos - Directora de la carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNLP. Dirección de Proyectos de Investigación y Desarrollo (ANP-CYT y UNLP) - Dirección de 4 Tesis doctorales y 1 Tesis de Maestría finalizadas.

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), CONICET.
2. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, UNaM.